

Biomecânica do Saque no Tênis de Campo: “Estado da arte” e tendência dos estudos

Biomechanics of the Tennis Serve: “State of the art” and studies tendencies

LONGHI, A; ARAÚJO, L G; CAMAROTO, M & MELO S I L. Biomecânica do Saque no Tênis de Campo: “Estado da arte” e tendência dos estudos. **R. Bras. Ci. e Mov.** 2014; 22(2): 163-172

RESUMO: O tênis de campo exige habilidades motoras específicas e complexas, sendo o saque um dos elementos que caracteriza a complexidade dos seus movimentos. Em virtude da importância deste fundamento, o saque vem sendo investigado por pesquisadores para uma melhor descrição e entendimento da técnica. Assim, o objetivo principal deste estudo foi analisar os escritos científicos referentes ao saque no tênis de campo, considerando a abordagem biomecânica, com a finalidade de verificar evidências de pesquisas sobre o “estado da arte” e a tendência dos estudos sobre este tema. O processo inicial de busca bibliográfica foi realizado por três pesquisadores através da avaliação dos títulos e resumos, a partir da análise de artigos científicos publicados em periódicos, de forma independente, no período entre 2000 e 2013, sendo selecionados para este estudo 31 artigos que se enquadraram nos critérios de inclusão. Os critérios de inclusão foram: (1) população (tenistas adultos ou juvenis), (2) intervenção (análise biomecânica do saque de tenistas), (3) desfecho (desempenho dos atletas na execução do saque) e (4) qualidade metodológica (validade dos estudos). Foi desenvolvida uma matriz com critérios de análise para avaliação da qualidade metodológica dos estudos, com base na Escala de PEDro. A matriz possibilitou avaliar os estudos quanto aos objetivos apresentados, critérios de inclusão dos sujeitos, desenho metodológico, número de sujeitos, presença de grupos de comparação, definição das variáveis e apresentação dos resultados estatísticos, sendo adotada como pontuação máxima um escore de 6 e mínimo 4. A partir dos resultados observou-se diferentes tendências de estudos sobre o saque no tênis de campo, predominando os estudos sobre análises dinâmicas, cinemáticas e, eletromiográficas. Outra tendência foi observada em relação ao desenho metodológico dos estudos os quais 25 dos 31 são descritivos, 3 de revisão bibliográfica e 3 são experimentais.

Palavras-chave: Tênis; Saque; Biomecânica; Desempenho.

ABSTRACT: Tennis demand specific and complex motor abilities, being the serve one of the elements that characterizes the complexity of its movements. Given the importance of this movement, researchers for a better understanding and description of its technique have investigated the tennis serve. Therefore, the aim of this study was to gather and analyze scientific researches related to tennis serve, considering the biomechanical approach, with the purpose of adding research evidence on the “state of the art” and the tendency of the studies on this topic. The initial review processes was conducted by three researchers through review of titles and abstracts, based on the analysis of scientific articles published in journals independently, between 2000 and 2013. Inclusion criteria were: 1) population (junior or adult players); 2) intervention (biomechanical analysis of the tennis serve); 3) outcome (performance of the athletes in the execution of the serve); 4) methodological quality (studies validity). We developed a matrix of analysis criteria for assessing the methodological quality of the studies, based on the PEDro Scale. In this study the matrix evaluated the studies regarding presented objectives, inclusion criteria of the subjects, methodological design of the study, number of the subjects in the studies, presence of comparison groups, definition of variables and presentation of statistical results, being adopted as the maximum score 6 and minimum 3. Through the results, we observed different tendencies of studies on the tennis serve; prevailing studies on dynamic, kinematic and electromyography analysis. Another tendency was observed in relation to the methodological design of studies which 25 of the 31 are descriptive, 3 reviewed the literature and 3 are experimental.

Key Words: Tennis; Serve; Biomechanics; Performance.

Contato: Adriana Longhi - adriana.longhi@hotmail.com

Adriana Longhi¹
Luciana G Araújo²
Maurício Camaroto¹
Sebastião I L Melo³

¹ Estudante de Mestrado em Ciências do Movimento Humano. Universidade do Estado de Santa Catarina

² Estudante de Doutorado em Ciências do Movimento Humano. Universidade do Estado de Santa Catarina

³ Orientador, Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano. Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Recebido: 11/11/2013
Aceito: 21/05/2014

Introdução

O tênis de campo vem sendo estudado por diversos pesquisadores devido a exigência de habilidades motoras específicas em virtude da complexidade de seus movimentos¹. O saque, por sua vez, caracteriza bem esta complexidade, onde os membros superiores executam movimentos diferentes entre si e entre os membros inferiores²⁻⁴.

Com relação ao saque, pode-se afirmar que, este fundamento marca o início da disputa dos pontos, sendo este o único golpe em que o jogador tem domínio sobre a sua execução e resultado^{2,4}; que exige padrões de movimentos definidos com fases específicas, que foram aprimoradas no decorrer da evolução deste esporte³; queo aprimoramento deste fundamento possibilitou aumentar a velocidade de deslocamento da bola e dificultar a sua devolução pelo adversário, se tornando um elemento determinante no resultado do jogo³; que é o gesto mais investigado neste esporte.

Em virtude da complexidade e da importância deste fundamento, o saque no tênis de campo vem sendo investigado por pesquisadores para um melhor entendimento e descrição da técnica. Assim, o objetivo principal deste estudo foi analisar os escritos científicos referentes ao saque no tênis de campo, considerando a abordagem biomecânica, com a finalidade de sistematizar o conhecimento verificando evidências de pesquisas sobre o “estado da arte” e a tendência dos estudos sobre este tema, de modo a guiar a prática da pesquisa sobre o saque no tênis e nortear o desenvolvimento de novos projetos e futuras investigações, ajudando a sintetizar e evidenciar a literatura disponível sobre o tema podendo auxiliar a prática de treinadores, atletas, fisioterapeutas e estudiosos da área.

Materiais e Métodos

Esta pesquisa é caracterizada como sendo um estudo bibliográfico¹⁸ do tipo revisão sistemática, realizado a partir da análise de artigos científicos publicados em periódicos nas seguintes bases de dados eletrônicas: MEDLINE, PUBMED, LILACS, SCIELO, COCHRANE, BIREME no período entre 2000 e 2013, usando as seguintes palavras-chave: tênis de campo, saque, biomecânica, cinemática, dinâmica, eletromiografia nos idiomas português, inglês ou espanhol. Os artigos que não estavam disponíveis gratuita e integralmente foram solicitados via COMMODITY e encaminhados à Biblioteca Setorial do Centro de Ciências da Saúde e do Esporte da Universidade do Estado de Santa Catarina.

O processo inicial de revisão foi realizado por três pesquisadores através da avaliação dos títulos e resumos, de forma independente e cegada, obedecendo aos critérios de inclusão definidos para o estudo, os quais foram: (1) população (tenistas adultos ou juvenis), (2) intervenção (análise biomecânica do saque de tenistas), (3) desfecho (desempenho dos atletas na execução do saque) e (4) qualidade metodológica (validade dos estudos). Foram excluídos estudos que apresentavam informações repetidas

ou disponíveis em outros artigos.

A técnica de análise de conteúdo foi realizada em três fases, sendo elas: 1) pré-análise (escolha dos documentos a serem submetidos à análise; formulação das hipóteses e dos objetivos; e elaboração de indicadores para fundamentar a interpretação final), 2) exploração do material (através de classificação e escolha das categorias) e por fim 3) tratamento dos resultados e interpretação (utilização dos resultados de análise com fins teóricos), através da análise documental, sugeridos por Bardin¹⁹. O propósito da análise documental, sendo esta um campo de ação da análise de conteúdo, foi facilitar o acesso à informação para posterior consulta e referência dos estudos analisados¹⁹.

Foi desenvolvida também uma matriz dos critérios de análise para avaliação da qualidade metodológica dos estudos, com base na Escala de PEDro²⁰, descritos na Tabela 1. A Escala de PEDro, desenvolvida pela *Physiotherapy Evidence Database* (PEDro scale, <http://www.pedro.org.au/portuguese/downloads/pedro-scale/>) tem uma pontuação máxima de até 10 pontos e geralmente é empregada em estudos experimentais, nela são incluídos critérios de avaliação relativos à validade interna e apresentação da análise estatística empregada²¹.

Para o presente estudo a matriz dos critérios de análise foi utilizada para avaliar os estudos quanto: a) aos objetivos apresentados; b) os critérios de inclusão dos sujeitos; c) desenho metodológico; d) número de sujeitos; e) presença de grupos de comparação; f) seleção das variáveis; g) apresentação dos resultados estatísticos. Foi adotada como pontuação máxima um escore de 6 e mínimo 4, sendo os estudos com escore abaixo de 4 excluídos automaticamente do estudo. Os estudos foram avaliados de forma independente pelos três pesquisadores. Quando houve discordâncias entre eles, estas foram resolvidas por discussão e consenso.

As características metodológicas foram expostas no corpo do estudo através de apresentações descritivas, e nas apresentações sintéticas os resumos das informações, procurando demonstrar o entendimento global dos estudos, sem que houvesse negligência dos aspectos específicos das produções científicas investigadas.

Resultados

Foram localizados 81 trabalhos referentes ao tema, dos quais foram selecionados 31 artigos que se enquadraram nos critérios de inclusão, sendo as pesquisas agrupadas em tópicos de acordo com a natureza e tipo do estudo.

1) Características gerais dos estudos:

Os estudos analisados estão dispostos na Tabela 1, conforme abordagem a seguir:

Tabela 1: Distribuição dos estudos para análise segundo os critérios de qualidade metodológica

Estudo	Objetivos	Crítérios de Inclusão	Desenho Metodológico	N	Grupos de Comparação	Procedimentos de Coleta de Dados	Definição das Variáveis	Resultados Estatísticos	Escore
Antúnez (2012)	Sim	Sim	Descritivo	17	Não	Sim	Sim	Sim	5
Bahamonde (2000)	Sim	Sim	Descritivo	5	Não	Sim	Sim	Sim	5
Bahamonde (2005)	Sim	Sim	Revisão	-	Não	Sim	Sim	Sim	6
Braga Neto (2007)	Sim	Sim	Descritivo	10	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Cheng Lo (2004)	Sim	Sim	Descritivo	6	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Chow (2003)	Sim	Sim	Descritivo	8	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Chow (2009)	Sim	Sim	Descritivo	19	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Creveaux (2013)	Sim	Sim	Experimental	5	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Durovic (2008)	Sim	Sim	Descritivo	63	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Durovic (2008)	Sim	Sim	Descritivo	70	Não	Sim	Sim	Sim	5
Elliott (2003)	Sim	Sim	Descritivo	20	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Elliott (2006)	Sim	Sim	Revisão	-	Não	Não	Sim	Sim	4
Fleisig (2003)	Sim	Sim	Descritivo	22	Não	Sim	Sim	Sim	5
Girard (2005)	Sim	Sim	Experimental	32	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Girard (2007)	Sim	Sim	Experimental	30	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Girard (2010)	Sim	Sim	Descritivo	10	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Goktepe (2009)	Sim	Sim	Descritivo	9	Não	Sim	Sim	Sim	5
Gordon (2006)	Sim	Sim	Descritivo	9	Não	Sim	Sim	Sim	5
Husain (2012)	Sim	Sim	Descritivo	12	Não	Sim	Sim	Sim	5
Kibler (2007)	Sim	Sim	Descritivo	16	Não	Sim	Sim	Sim	5
Konda (2010)	Sim	Sim	Descritivo	20	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Kovacs (2011)	Sim	Sim	Revisão	-	Não	Sim	Sim	Sim	5
Menayo (2008)	Sim	Sim	Descritivo	21	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Pugh (2003)	Sim	Sim	Descritivo	15	Não	Sim	Sim	Sim	5
Reid (2007)	Sim	Sim	Descritivo	12	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Reid (2008)	Sim	Sim	Descritivo	12	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Reid (2010)	Sim	Sim	Descritivo	5	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Sakurai (2007)	Sim	Sim	Descritivo	7	Não	Sim	Sim	Sim	5
Sheets (2011)	Sim	Sim	Descritivo	7	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Subijana (2010)	Sim	Sim	Descritivo	2	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Sweeney (2012)	Sim	Sim	Descritivo	10	Não	Sim	Sim	Sim	5

Fonte: Elaborada pelos autores

Analisando os resultados da Tabela 1, verifica-se que todos tem os objetivos bem formulados, critérios de inclusão, definição das variáveis, resultados estatísticos e procedimentos de coleta de dados.

Quanto ao desenho metodológico dos estudos, 25 dos 31 são descritivos; 3 de revisão bibliográfica e; 3 são experimentais^{7,14,26}, definindo assim a característica essencial dos estudos sobre o saque, que são estudos descritivos.

Dos três estudos experimentais, 2 foram sobre atividade muscular^{7,26} com foco na ação muscular durante o saque e 01 (um) sobre características dinâmicas do saque¹⁴ o qual tem interesse em analisar as forças de reação do solo na execução do gesto.

Dos 25 estudos descritivos, 19 (dezenove) abordam as características cinemáticas, ou seja, objetivam traçar o perfil de execução do saque considerando as diferentes variáveis. Este tipo de abordagem tem o foco na execução técnica do gesto (preocupa-se com a técnica esportiva).

Com relação ao tamanho da amostra, o *n* mínimo (2) e máximo (70) foram encontrados nos 25 estudos descritivos, totalizando uma média de 16 sujeitos por estudo. Nos estudos experimentais foram encontrados um *n* mínimo de 5 e máximo de 32, sendo a média de sujeitos no grupo experimental *n*=22. Observa-se que o baixo *n* está relacionado ao tipo de estudo (cinemática), sendo que os dois estudos referentes a estas características com um *n* mais expressivo (63 e 70) utilizaram como instrumento de análise fotografias, podendo desta maneira explicar o *n* elevado de sujeitos.

Quanto ao nível técnico analisado nos 28 estudos

descritivos e experimentais, 19 foram com tenistas de elite e 3 atletas olímpicos/profissional. Desta maneira observa-se que aproximadamente 80% dos estudos analisou atletas de alto nível, sendo esta mais uma tendência dos estudos sobre o saque no tênis. Apenas 3 estudos analisaram atletas infanto-juvenis, percebendo-se uma lacuna referente a estas categorias.

Desta forma conclui-se que o perfil dos estudos analisados é: Estudos descritivos, de variáveis cinemáticas, com pequeno número de sujeitos (amostras reduzidas), de atletas de elite e alto nível.

2) Tendências dos estudos:

Os resultados decorrentes da análise permitem observar diferentes tendências de estudos sobre análise biomecânica do saque no tênis de campo, sendo estas divididas em: 2.1) características cinemáticas do saque, 2.2) características dinâmicas do saque e, 2.3) atividade muscular.

Dos 31 artigos 22 abordaram as características cinemáticas; 5 abordaram as características dinâmicas e; 4 realizaram análise eletromiográfica da atividade muscular durante o saque, conforme abordagem a seguir:

1.1) Características Cinemáticas do Saque

Dos 31 estudos 22 tem ênfase nas características cinemáticas conforme distribuídos no Quadro 1.

Estudo	Objetivo	Instrumento	Amostra	Nível Técnico	Conclusões
Antúnez (2012)	Analisar a variabilidade motora da mão que empunha a raquete na performance do saque	Câmeras de vídeo Sistema eletromagnético de captura de movimento	17	Intermediário	Quanto maior for a variabilidade do movimento da mão maior é a perda de velocidade e da bola e precisão do saque
Bahamonde (2000)	Analisar as mudanças tridimensionais do momento angular durante a execução do saque	Câmeras de vídeo	5	Universitários (Elite)	Os jogadores desenvolveram valores maiores de momento angular negativo sobre os eixos X e Y e valores menores sobre o eixo Z
Bahamonde (2005)	Descrever os estudos publicados sobre análise biomecânica da articulação do cotovelo nos diferentes golpes do tênis	Revisão Bibliográfica	-	-	Os movimentos do cotovelo nos diferentes golpes do tênis principalmente no saque incluem extensão forçada e pronação.
Chow (2003)	Comparar a cinemática tridimensional do pré e pós-impacto da bola e da raquete durante o primeiro e segundo saque	Câmeras de vídeo	8	Elite	Os jogadores modificaram o local do lançamento da bola e mudaram a velocidade e o tipo de saque (<i>topspin</i> e <i>sidespin</i>) quando trocaram do primeiro para o segundo saque
Durovic (2008)	Identificar se tenistas com idades entre 7-9 anos conseguem executar o saque de acordo com o modelo adulto	Fotos	63	Iniciantes	O resultados demonstraram que todos os atletas tiveram dificuldade em executar o saque de acordo com o modelo adulto
Durovic (2008)	Estabelecer regularidades biomecânicas do saque e um modelo que explique biomecanicamente a performance do saque	Fotos	70	Profissional	O modelo estabelecido serviu de base para observar que a eficiência do saque depende dos parâmetros da cadeia cinética.
Elliott (2003)	Comparar torque e força em eventos chave das articulações do ombro e cotovelo no saque.	Câmeras de vídeo	20	Olímpico	As articulações do ombro e cotovelo estão sujeitos a altos níveis de carga durante o saque no tênis.
Elliott (2006)	Descrever as aplicações da biomecânica para produção de força.	Revisão Bibliográfica	-	-	A teoria biomecânica fornece uma base e um entendimento das forças mecânicas do indivíduo, conduzindo inevitavelmente à melhora do desempenho.
Fleisig (2003)	Quantificar saques de alta velocidade e identificar os movimentos e o tempo relacionados a máxima velocidade da bola.	Câmeras de vídeo	20	Olímpico	Os jogadores devem tentar manter um valor aproximado à 170° de rotação externa de ombro na fase de <i>backswing</i> e valores aproximados à 100° de abdução do ombro imediatamente antes do impacto para obter melhor desempenho.
Goktepe (2009)	Investigar as diferenças dos ângulos articulares entre os saques bem sucedidos e mal sucedidos.	Câmeras de vídeo	9	Juvenil	Os resultados encontrados não apresentaram diferenças significativas dos ângulos articulares entre os saques bem sucedidos e mal sucedidos.
Gordon (2006)	Examinar as contribuições dos movimentos do membro superior para a velocidade da cabeça da raquete.	Câmeras de vídeo	9	Elite	As maiores contribuições para velocidade da raquete foram: rotação externa do ombro, extensão do punho, abdução do ombro, extensão do cotovelo e desvio ulnar do punho.

Hussain (2012)	Estabelecer relações entre características físicas e variáveis biomecânicas no saque no tênis.	Câmeras de vídeo	12	Universitários (Elite)	Foram encontradas diferenças significativas entre peso e altura do lançamento da bola; comprimento do braço e velocidade da bola; comprimento da perna e velocidade da bola; ângulo do tornozelo e idade, altura e peso na fase preparatória.
Konda (2010)	Descrever os movimentos do complexo articular do ombro na fase de carga.	Dispositivo eletromagnético de captura de movimento	20	Elite Intermediário	O valor resultante da rotação externa do ombro foi devido a uma sincronização dos movimentos de inclinação da escápula e rotação externa gleno-umeral.
Kovacs (2011)	Propor um modelo de 8 estágios específicos para o saque no tênis.	Revisão Bibliográfica	-	-	O modelo de 8 estágios para o saque de alto desempenho serve de base para análise.
Menayo (2008)	Investigar a relação entre a velocidade da bola e a precisão do saque.	Radar	21	Intermediário	A perda de precisão nos saques realizados a máxima potência não tem relação com a velocidade da bola.
Reid (2007)	Descrever e comparar as características cinemáticas do ombro em duas técnicas de saque (<i>flat</i> e <i>kick</i>).	Câmeras de vídeo	12	Elite	Os jogadores geram maior velocidade horizontal e vertical no saque <i>Flat</i> e maior velocidade lateral no saque <i>Kick</i> .
Reid (2008)	Examinar a relação entre as características mecânicas do ombro e dos membros inferiores	Câmeras de vídeo	12	Elite	A condução dos membros inferiores auxilia na velocidade da raquete independente da técnica de posicionamento dos pés utilizada.
Reid (2010)	Investigar as características cinemáticas da mão, raquete e bola e o efeito do treino de lançamento da bola isolado.	Câmeras de vídeo	5	Juvenil	Observou-se grande diferença entre espaço e tempo da bola lançada separadamente do que no momento do saque.
Sakurai (2007)	Descrever as características cinemáticas da bola incluindo eixos e velocidades de rotação em três técnicas de saque.	Câmeras de vídeo	7	Elite	O saque de maior velocidade foi o tipo <i>flat</i> , seguido do <i>slice</i> e <i>kick</i> . Já a maior taxa de rotação da bola foi do saque <i>kick</i> seguido do <i>slice</i> e <i>flat</i> .
Sheets (2011)	Testar as diferenças cinemáticas do membro superior em três técnicas de saque.	Câmeras de vídeo	7	Elite	Observou-se que a velocidade e a posição da raquete no momento do impacto são importantes para caracterizar as diferenças entre as três técnicas de saque <i>flat</i> , <i>kick</i> e <i>slice</i> .
Subijana (2010)	Desenvolver um modelo mecânico de energia transferida pela cadeia cinética desenvolver uma ferramenta biomecânica para análise	Câmeras de vídeo	2	Elite	Observou-se que os movimentos dos membros inferiores principalmente tornozelos e joelhos são fundamentais para a execução de bons saques.
Sweeney (2012)	Examinar as associações cinemáticas entre os membros inferiores, pelve, tronco e raquete em saques de alta velocidade	Câmeras de vídeo	10	Elite	Observou-se que os membros inferiores e tronco assumem um papel importante na execução de saques de alta velocidade

Fonte: Elaborada pelos autores

Quadro 1. Estudos sobre análise cinemática do saque

Analisando as informações contidas no Quadro 1 observa-se que dos 22 estudos, 15 tem ênfase na análise de imagens utilizando câmeras de vídeo (filmagens); 2 analisaram fotografias relativas a instantes específicos do saque; 1 utilizou Radar para verificar a velocidade da bola e; 2 utilizaram sistema eletromagnético de captura de movimento.

A utilização de câmeras de vídeo para análise cinemática do saque no tênis já existe há alguns anos, como no estudo realizado por Van Gheluwe e Hebbelinck³⁴ em 1983. Nota-se que mesmo com o avanço da tecnologia no mundo este instrumento continua sendo escolhido por muitos pesquisadores nos últimos 13 anos.

Percebe-se também a introdução de outros equipamentos como o radar e dispositivos eletromagnéticos de captura de movimento, além de outro método tradicional como a análise de fotografias. No entanto somente nos últimos 3 anos é que os dispositivos eletromagnéticos foram adotados para análise como nos estudos descritos por Konda³⁵ e Antúñez³¹.

Aprofundando a análise de conteúdo nota-se uma semelhança entre os objetivos de alguns estudos, sendo estes divididos em três grupos principais abordados: A) desempenho (*performance*); B) ferramenta (instrumento) para análise e; C) prevenção de lesões. Dos 22 estudos relacionados sobre análise cinemática do saque 19 estão no grupo A^{2,5,8-10,13,15-17,23-25,28,30,31,33,35-37} que tiveram como objetivo de suas pesquisas a análise do desempenho do saque, 3 estão no grupo B^{1,4,12} pois tentaram desenvolver uma ferramenta (instrumento) de análise do saque que possa ser utilizada pelos treinadores e, somente 2 encontram-se no grupo C^{35,37} que envolve a prevenção de lesões no tênis, sendo estes também integrantes do grupo A (desempenho).

Percebe-se também uma outra linha de interesse nos estudos referente ao foco de análise de segmentos corporais sendo que 10 estudos analisaram a cinemática dos membros superiores de forma isolada no saque^{5,10,13,17,24,31,33,35-37}; 6 estudos realizaram análises de todo o corpo^{1,2,4,12,15,16}; e apenas 1 analisou isoladamente os membros inferiores e tronco²⁵.

No que se refere às variáveis analisadas nos estudos houve uma predominância em relação à: a) velocidade da raquete

e velocidade da bola com 11 estudos^{31,23,13,28,1,30,36,24,4,9,33,25,10} participando desta categoria; b) 5 estudos analisando os valores dos ângulos articulares^{1,4,13,16,35}; c) 4 estudos realizando comparações entre os tipos de saque^{9,10,23,33}.

Quanto ao nível técnico somente 3 estudos realizaram análises cinemáticas com atletas infanto-juvenis^{15,16,17}, e dos 19 estudos que realizaram análises com tenistas adultos percebe-se uma prevalência no nível técnico Elite com 78,9%, sugerindo uma preferência por análises com estes sujeitos.

Contudo verifica-se que o número de sujeitos nas pesquisas é muito variável com um *n* mínimo de 2 e um *n* máximo de 70, e média de 15 sujeitos por estudo, sendo que neste último foram utilizadas como instrumento de análise fotografias, sugerindo assim uma dificuldade em realizar análises cinemáticas com câmeras de vídeo, radares e dispositivos eletromagnéticos com uma grande população de tenistas, nestes casos não ultrapassando um total de 21 sujeitos por estudo.

Outro ponto importante na análise destes estudos é a taxa de aquisição das imagens através das câmeras de vídeo sendo que a frequência mais baixa foi encontrada no estudo apresentado por Goktepe¹⁶ com 60Hz e a frequência mais alta encontrada foi de 500Hz no estudo apresentado por Sakurai⁹, contudo a maioria dos estudos utilizou frequências entre 100 e 250Hz. Nos dois estudos que utilizaram o dispositivo eletromagnético de captura de movimento Konda³⁵ utilizou uma frequência de aquisição de 240Hz e Antúñez³¹ 120Hz.

Desta maneira conclui-se que o perfil dos estudos referentes a características cinemáticas do saque envolve: instrumentos de coleta (câmeras de vídeo para filmagem) com altas frequências; foco no desempenho; análises isoladas do membro superior; grande interesse na velocidade da raquete e velocidade da bola; atletas de alto nível e; amostra reduzida.

1.2) Características dinâmicas do saque:

Dos 31 estudos, apenas 5 analisaram dinamicamente a execução do saque, conforme distribuídos no Quadro 2 a seguir.

Estudo	Objetivo	Instrumento	Amostra	Nível Técnico	Conclusões
Braga Neto (2007)	Comparar características dinâmicas e cinemáticas	Plataforma de força; Eletroniômetro	10	Elite	Componente vertical da FRS maior para o grupo <i>foot up</i> . Ângulo dos joelhos maior para o grupo <i>foot up</i>
Girard (2007)	Examinar a influência da restrição do movimento do joelho	Plataforma de força	30	Iniciante Intermediário Elite	O movimento de joelho contribui significativamente para a execução do saque e para a FRS independente do nível técnico
Girard (2010)	Examinar a influência dos diferentes tipos de superfície (saibro vs. grama) sobre os padrões de carga nos dois pés durante o saque	Pedar	10	Elite	Os autores sugerem que os padrões de carga nos pés alteram de acordo com a superfície do solo
Cheng Lo (2004)	Analisar a biomecânica do movimento de dois tipos de saque (<i>flat</i> e <i>spin</i>)	Plataforma de força; Câmeras de vídeo	6	Elite	O saque tipo <i>spin</i> apresenta uma diferença significativa em relação ao saque tipo <i>flat</i> pois produz maior flexão de joelho na aceleração, ajudando assim a transferência do momento formado pelo COP durante o saque
Pugh (2003)	Analisar a relação da força de perna, ombro e mão com a velocidade da bola no saque	Dinamômetro Isocinético	15	Universitários 1ª classe	Os resultados mostram que a força não é o único fator envolvido na produção de velocidade da bola durante o saque

Fonte: Elaborada pelos autores

Quadro 2. Estudos sobre análise dinâmica do saque

Analisando as informações dispostas no Quadro 2, constata-se que: a) 3 dos cinco estudos utilizaram plataformas de força para análise da força de reação do solo (FRS), sendo que neste grupo um estudo realizou pesquisa experimental¹⁴; b) 1 estudo utilizou como instrumento um Pedar para análise da pressão plantar e; c) 1 dos estudos realizou análise de força através de um Dinamômetro Isocinético.

Quanto aos objetivos podem-se observar diferenças nos estudos, como Braga Neto³ que comparou características dinâmicas e cinemáticas (através de um eletroniômetro) nos dois tipos de posicionamento dos pés durante o saque (“*foot-up*” e “*foot-back*”); Girard, Micallef e Millet¹⁴ avaliaram a influência da restrição de movimento da articulação do joelho na execução do saque (*flat*) em jogadores de diferentes níveis técnicos e; Cheng Lo et al.²² analisaram as características biomecânicas entre duas técnicas de saque (*flat* e *spin*) para análise da FRS e do centro de pressão (COP-Center of Pressure), além de análise cinemática dos ângulos articulares do tornozelo, joelho, quadril, pelve e tronco. Contudo pode-se observar nos estudos realizados por Braga Neto³ e Girard, Micallef e Millet¹⁴ que a variável força vertical máxima (F_y máx) foi analisada nos dois estudos como sendo um elemento determinante para o desempenho do saque.

No estudo de Girard, Micallef e Millet²⁷ examinaram a

influência da superfície da quadra (saibro x grama) sobre os padrões de carga em ambos os pés durante o saque e; Pugh et al.³² analisaram a contribuição relativa à força dos membros inferiores e membros superiores com a velocidade da bola durante o saque.

Em relação ao número de sujeitos nas pesquisas, nota-se uma variação perceptível, com um n mínimo de 6 e um n máximo de 30, resultando em uma média de 14,2 sujeitos por estudo. Referente ao nível técnico dos sujeitos, 4 estudos analisaram atletas de Elite, apenas 1 analisou tenistas com nível técnico Intermediário, 1 com tenistas Iniciantes e 1 dos estudos realizou a análise com Universitários da 1ª classe da NCAA (*National Collegiate Athletic Association*) dos Estados Unidos.

Sendo assim conclui-se que o perfil dos estudos referente as características dinâmicas do saque é: predominância da plataforma de força como instrumento de análise; foco em avaliar as respostas da força de reação do solo na execução do movimento; foco no desempenho de atletas de elite e; amostra reduzida.

1.3) Atividade Muscular

Dos 31 estudos somente 4 analisaram a atividade muscular durante a execução do saque, conforme distribuídos no Quadro 3.

Estudo	Objetivo	Instrumento	Amostra	Nível Técnico	Conclusões
Chow (2009)	Examinar o movimento relativo ao tronco e a atividade muscular dos membros inferiores nos diferentes tipos de saque (<i>flat, topspin, slice</i>)	Eletromiografia	19	Intermediário Elite	Os sujeitos do grupo intermediário podem estar mais suscetíveis a lesões devido à hiperextensão do tronco
Creveaux (2013)	Investigar a influência de três raquetes diferentes na potência e atividade muscular do ombro durante o saque <i>flat</i>	Câmeras de vídeo; Eletromiografia	5	Elite	Raquetes mais leves requerem maior potência articular do que raquetes mais pesadas para atingir velocidades semelhantes da bola
Girard (2005)	Examinar a atividade muscular dos membros inferiores	Plataforma de força; Eletromiografia	32	Iniciante Intermediário Elite	A força vertical e coordenação dos membros inferiores durante o saque foi diferente entre os grupos
Kibler (2007)	Avaliar os padrões de ativação muscular em músculos selecionados da articulação escapulo-umeral	Eletromiografia	16	Intermediário	Os estabilizadores da escápula são ativados primeiro seguidos do manguito rotador na fase de preparação e aceleração. Na fase de desaceleração e <i>follow-through</i> os músculos trabalham em conjunto para controlar as cargas de tração

Fonte: Elaborada pelos autores

Quadro 3. Estudos sobre análise eletromiográfica no saque

Analisando os estudos com ênfase na atividade muscular, dos 4 estudos que utilizaram a eletromiografia, somente 2 realizaram a análise eletromiográfica isolada. Percebe-se que a utilização da eletromiografia associada com outros instrumentos de análise consegue observar de forma mais objetiva o desempenho do saque.

Neste grupo constata-se outra tendência onde houve a comparação entre níveis técnicos e a presença de uma maior quantidade de tenistas de nível técnico intermediário. Percebe-se também outra variação visível na quantidade de sujeitos por estudo, com um n mínimo de 5 e um n máximo de 32.

Em relação aos segmentos corporais analisados percebe-se que como uso da eletromiografia houve um interesse em avaliar tanto os membros inferiores e tronco como os membros superiores para o desempenho do saque, sendo que 2 estudos analisaram a ação muscular isoladamente nos membros superiores^{26,29} e 2 estudos analisaram a ação muscular nos membros inferiores^{7,11}.

Desta maneira conclui-se que os estudos referentes a análise da atividade muscular durante a execução do saque são poucos, e o seu perfil está claro quanto a utilização da eletromiografia associada a outros instrumentos; nível técnico intermediário; amostra reduzida com média de 18 sujeitos por estudo, embora maior que nos estudos cinemáticos e dinâmicos.

A utilização da eletromiografia como instrumento de

análise e a disponibilidade deste instrumento nos centros de treinamento é complexa, podendo ser estes alguns dos fatores que influenciam a pouca pesquisa realizada com este instrumento em tenistas.

Considerações Finais

Com base nas tendências dos estudos das pesquisas analisadas sobre o saque no tênis, se observou diversificadas áreas de interesse entre os autores, havendo, porém uma incidência maior nos estudos sobre análises cinemáticas, dinâmicas e eletromiográficas do movimento do saque, porém com uma amostra reduzida.

Nas variáveis cinemáticas observou-se um predomínio visível na utilização de câmeras de vídeo como instrumentos de análise. Percebeu-se também, que nestes instrumentos as taxas de aquisição mais utilizadas foram com valores entre 200 e 250Hz.

Foi observado um predomínio em relação aos sujeitos das pesquisas, onde tenistas adultos foram os mais analisados, havendo uma lacuna em relação à análise do saque nos tenistas juvenis, o que pode ser foco de estudos posteriores. Os níveis técnicos mais avaliados foram atletas de elite seguidos por atletas intermediários, desta maneira nota-se outra lacuna em relação à análise do saque em tenistas iniciantes, podendo assim contribuir para comunidade científica específica.

Agradecimento

Agência financiadora: bolsa de doutorado da FAPESC – Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação de Santa Catarina.

Referências

1. Kovacs M, Ellenbecker T. An 8-stage model for evaluating the tennis serve: implications for performance enhancement and injury prevention. *Sports Health* 2011;3(6):504-513.
2. Bahamonde R. Changes in angular momentum during the tennis serve. *Jour. Sports Sci.* 2000;18(8):579-592.
3. Braga Neto L, Serrão A, Amadio C. Estudo de características biomecânicas do saque no tênis-comparação entre duas técnicas de posicionamento dos pés. *Rev. Brasileira de Biomecânica* 2007;8(14):26-30.
4. Subijana C, Navarro E. Kinetic energy transfer during the tennis serve. *Biology of Sport* 2010;27(4):279-287.
5. Elliott B, Fleisig G, Nicholls R, Escamilla R. Technique effects on upper limb loading in the tennis serve. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2003;6(1):76-87.
6. Elliott BC, Marshall RN, Noffal GJ. Contributions of upper limb segment rotations during the power serve in tennis. *Journal of Applied Biomechanics* 1995;11:433-442.
7. Girard OJ, Micallef JP, Millet G. Lowerlimb activity during the power serve in tennis: effects of performance level. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2005;37:1021-1029.
8. Elliott B. Biomechanics and tennis. *Br. Jour. Sports Med.* 2006;40:392-396.
9. Sakurai S, Tsutomu J, Reid M, Cuitinho C, Elliott B. Direction of spin axis and spin rate of the Ball in tennis service. *J. Biomech.* 2007;40(2):S197.
10. Sheets AL, Abrams GD, Corazza S, Safran MR, Andriacchi TP. Kinematics differences between the flat, kick and slice serves measured using a markerless motion capture method. *Annals of Biomedical Engineering* 2011;39(12):3011-3020.
11. Chow J, Park S, Tillman MD. Lower trunk kinematics and muscle activity during different types of tennis serves. *Sports Med. Art. Rehab. Therapy & Technology* 2009;24(1):1-14.
12. Đurović N, Lozovina V, Pavičić L, Mrduljaš D. New biomechanical model for tennis serve. *Acta Kinesiologica* 2008;2:45-49.
13. Fleisig G, Nicholls R, Elliott B, Escamilla R. Kinematics used by world class tennis players to produce high-velocity serves. *Sports Biomechanics* 2011;2(1):51-71.
14. Girard O, Micallef JP, Millet G. Influence of restricted knee motion during the flat first serve in tennis. *Jour. of Strength and Cond. Research* 2007;21(3):950-957.
15. Durovic N, Lozovina V, Mrduljas D. Kinematic analysis of the tennis serve in Young tennis players. *Acta Kinesiologica* 2008;2:50-56.
16. Göktepe A, Ak A, Söğüt, Karabörk H, Korkusuz F. Joint angles during successful and unsuccessful tennis serves: kinematics of tennis serve. *Eklemler Hastalıkları* 2009;20(3):156-160.
17. Reid M, Whiteside D, Elliott B. Effect of skill decomposition on racket and ball kinematics of the elite junior tennis serve. *Sports Biomech.* 2010;9(4):296-303.
18. Alvez-Mazzotti AJ, Gewandszajder F. O método nas ciências naturais. São Paulo: Thompson, p. 6-7, 2002.
19. Bardin L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, p. 95-102, 1977.
20. Escala de PEDro. *Physiotherapy Evidence Database* 2010. Disponível em <<http://www.pedro.org.au/portuguese/downloads/pedro-scale/>> Acesso em: 14 jun 2013.
21. Sampaio RF, Mancini MC. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Rev. Bras. Fisioterapia* 2007;11(1):83-89.
22. Cheng Lo K, Wang LH, Wu CC, Su FC. Kinematics of lower extremity in tennis flat and spin serve. *Jour. of Med. and Biolog. Engineering* 2004;24(4):209-212.

23. Chow J, *et al.* Comparing the pre and post-impact ball and racquet kinematics of elite tennis players first and second serves: a preliminary study. *Journal of Sports Sciences* 2003;21:529-537.
24. Reid M, Elliott B, Alderson J. Lower limb coordination and shoulder joint mechanics in the tennis serve. *Jour. of American College of Sports Medicine* 2008;8:308-315.
25. Sweeney M, Reid M, Elliott B. Lower limb and trunk function in the high performance tennis serve. *Asian Jour. of Exerc. And Sport. Sci.* 2012;9(1):13-20.
26. Creveaux T, *et al.* Joint kinetics to assess the influence of the racquet on a tennis player's shoulder. *Jour. of Sport Science and Medicine* 2013;12:259-266.
27. Girard O, Micallef JP, Millet GP. Effects of the playing surface on plantar pressures during the first serve in tennis. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 2010;5:384-393.
28. Hussain I, Mohammad A, Khan A. A relationship between player's physical characteristics and biomechanical variables of service in tennis. *World Journal of Sport Sciences* 2012;7(1):30-35.
29. Kibler WB, Chandler TJ, Shapiro R, Conuel M. Muscle activation in coupled scapulohumeral motions in the high performance tennis serve. *Br. Jour. Sports Med.* 2007;41:745-749.
30. Menayo R, Fuentes JP, Moreno FJ, Clemente R, García Calvo T. Relación entre la velocidad de la pelota y La precisión en el servicio plano em tenis em jugadores de perfeccionamiento. *EuropeanJournalofHumanMovement* 2008;21:16-30.
31. Antúnez RM, Hernández FJM, García JPF, Vaíllo RR, Arroyo JSD. Relationship between motor variability, accuracy, and ball speed in the tennis serve. *Journal of Human Kinetics* 2012;33:45-53.
32. Pugh SF, Kovaleski JE, Heitman RJ, Gilley WF. Upper and lower body strength in relation to ball speed during a serve by male collegiate tennis players. *Perceptual and Motor Skills* 2003;97:867-872.
33. Reid M, Elliott B, Alderson J. Shoulder joint loading in the high performance flat and kick tennis serves. *Br. Jour. Sports Med.* 2007;41:884-889.
34. Van Gheluwe B, Hebbelinck M. The kinematics of the service movement in tennis: a three dimensional cinematographical approach. In *Biomechanics IX-B* (edited by D. Winter, R. Norman, R. Wells, K. Hayes and A. Patla), 1983;521-526. Champaign, IL: Human Kinetics.
35. Konda S, Yanai T, Sakurai S. Scapular rotation to attain the peak shoulder external rotation in tennis serve. *Journal of The American College of Sports Medicine* 2010;1745-1753.
36. Gordon B, Dapena J. Contributions of joint rotations to racquet speed in the tennis serve. *Journal of Sports Sciences* 2006;24(1):31-49.
37. Bahamonde R. Review of the biomechanical function of the elbow joint during tennis strokes. *International SportMed Journal* 2005;6(2):42-63.